

Please Click here to view the drawing

Korean FullDoc

(19)



KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

## KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020040047132 A  
 (43)Date of publication of application: 05.06.2004

(21)Application number: 1020020075234  
 (22)Date of filing: 29.11.2002

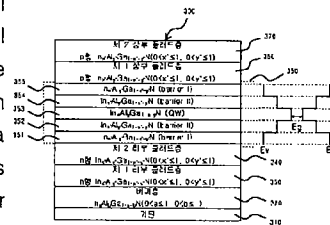
(71)Applicant: OPTRONIX, INCORPORATION  
 (72)Inventor: KIM, SEON UN  
 LEE, GYU HAN  
 PARK, GEUN SEOP  
 SEO, JUN HO

(51)Int. Cl. H01L 33 /00

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE WITH MULTI QUANTUM WELL STRUCTURE

(57) Abstract:

PURPOSE: A nitride semiconductor device with a multi quantum well structure is provided to reduce the stress between a quantum well layer and a barrier layer and control the thickness and number of the barrier layer by easily controlling energy band gap and composition of an active layer. CONSTITUTION: N quantum well layers have a composition of  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ , and more than (N+1) barrier layers have a composition of  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  (x,y and x,y are not smaller than 0 and not greater than 1, and x+y and x+y are not greater than 1). The active layer is composed of the quantum well layers and the barrier layers. The barrier layer includes at least two sub barrier layers that differ in the constitution ratio of a composition material. The respective barrier layers are gradually and symmetrically disposed according to band gap energy with respect to the quantum well layer.



copyright KIPO 2004

## Legal Status

Date of request for an examination (20021129)  
 Notification date of refusal decision (00000000)  
 Final disposal of an application (rejection)  
 Date of final disposal of an application (20050429)  
 Patent registration number ( )  
 Date of registration (00000000)  
 Number of opposition against the grant of a patent ( )

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) . Int. Cl.<sup>7</sup>  
H01L 33/00

(11) 공개번호 10-2004-0047132  
(43) 공개일자 2004년06월05일

(21) 출원번호 10-2002-0075234  
(22) 출원일자 2002년11월29일

(71) 출원인 (주)옵트로닉스  
대전광역시 유성구 문지동 104-6

(72) 발명자 서준호  
경기도수원시팔달구매탄3동1256-3번지302호  
김선운  
대전광역시유성구전민동296-9번지302호  
이규한  
대전광역시유성구전민동448-3번지304호  
박근섭  
대전광역시유성구어은동한빛아파트111동902호

(74) 대리인 김원준

심사청구 : 있음

(54) 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자

요약

본 발명은 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자에 관한 것으로, 활성층과 다수의 클래드층(clad layer)을 포함하여 구성되며, 상기 활성층이 다중 양자우물(multi quantum well, MQW) 구조를 갖는 질화물 반도체 소자에 있어서, 상기 활성층이,  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 의 조성을 갖는, 복수개인  $n$  개의 양자우물층(quantum well layer); 및  $\text{In}_{n-x'}\text{Al}_{y'}\text{Ga}_{1-x'-y'}\text{N}$ 의 조성을 갖는,  $n+1$  개 이상의 장벽층(barrier layer);을 포함하여 이루어지되, 상기 장벽층은, 조성물질의 성분비율을 달리하는 두 개 이상의 서브 배리어층을 포함하여, 상기 양자우물층을 기준으로, 상기 각각의 서브 배리어층이 밴드갭 에너지에 따라 점진적으로 배치되도록 형성된 것을 특징으로 한다. (단,  $x$ ,  $y$  및  $x'$ ,  $y'$ 은 각각 0 보다 크거나 같고 1 보다 작거나 같으며,  $x+y$  와  $x'+y'$ 은 각각 1 보다 작거나 같다.)

대표도

도 3

색인어

반도체, 질화물, 밴드갭 에너지, 격자상수, 양자우물, 클래드층, 장벽층

명세서

도면의 간단한 설명

도 1 은 종래의 이중 헤테로 구조 질화물 반도체 소자의 일예시 단면도.

도 2 는 종래의 이중 헤테로 구조 질화물 반도체 중 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자의 일예시 단면도.

도 3 은 본 발명의 일실시에에 의한 질화물 반도체 소자의 활성층의 상세 구조 및 밴드갭 에너지 설명도.

도 4 는 본 발명에 의한 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자의 일실시에 단면도.

도 5 는 본 발명에 적용되는 질화물 반도체 소자 구성물질의 밴드갭 에너지와 격자상수와의 관계 그래프.

\* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

310 : 기판 320 : 버퍼층

330 : n 형 제 1 하부 클래드층 340 : n 형 제 2 하부 클래드층

350 : 활성층 360 : p 형 제 1 상부 클래드층

370 : p 형 제 2 상부 클래드층

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 다중 양자우물(multi quantum well, MQW) 구조를 갖는 질화물 반도체 소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 양자우물층(quantum well layer)인 소정의 개수의  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  층에 대하여 각각 하나 이상의  $\text{In}_{x'}$   $\text{Al}_{y'}$   $\text{Ga}_{1-x'-y'}\text{N}$  장벽층(barrier layer)을 형성함으로써 상기 양자우물층의 스트레스(stress)를 줄이고 광구속률을 높여 발광효율을 증가시키기 위한 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자에 관한 것이다. (여기서,  $x$ ,  $y$  및  $x'$ ,  $y'$ 은 각각 0 보다 크거나 같고 1 보다 작거나 같으며,  $x+y$  와  $x'+y'$ 은 각각 1 보다 작거나 같다.)

질화물 반도체는, 질소(Nitrogen, N)를 포함하는 화합물 반도체로서 구조적 안정성이 매우 우수하여, 갈륨비소(GaAs) 등의 화합물 반도체로는 실현할 수 없는 청, 녹색을 포함하는 단(短)파장 발광 소자 및 고효율 전자 소자 등에 널리 이용되고 있다.

상기 질화물 반도체가, 화합물의 재료로는 알루미늄(이하 'Al'이라 함), 갈륨(이하 'Ga'라 함), 인듐(이하 'In'이라 함) 등 주기율표 상의 III 족 원소들이 주로 사용되고 있으며,  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ (단,  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $x+y \leq 1$ )의 형태로 구성되고, 특히, InGaN 으로 이루어진 양자우물층이 포함된 활성층을 갖는, 단일 양자우물 구조 또는 다중 양자우물 구조의 이중 헤테로 구조(double hetero structure)를 갖는다는 것은 널리 알려진 사실이다.

질화물 반도체 소자와 관련된 종래의 기술을 간략히 살펴보면 다음과 같다.

도 1 은 종래의 이중 헤테로 구조 질화물 반도체 소자의 일예시 단면도이다.

도 1 에 도시된 바와 같이, 종래의 이중 헤테로 구조를 갖는 질화물 반도체 소자(100)는, 사파이어, SiC, Si, ZnO, GaAs 및 스피넬(spinel) 등의 재료로 구성된 기판(110) 위에,  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  으로 이루어진 버퍼층(120), n 형 GaN 으로 이루어진 제 1 하부 클래드층(clad layer, 130), n 형  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  으로 이루어진 제 2 하부 클래드층(140),  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  으로 이루어진 활성층(150), p 형  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  으로 이루어진 제 1 상부 클래드층(160) 및 p 형 GaN 으로 이루어진 제 2 상부 클래드층(170)이 순차적으로 성장됨으로써 형성된다.

여기서,  $0 < x \leq 1$ ,  $0 < y \leq 1$  이며, 이들  $x$ ,  $y$  값은 각 층의 밴드갭(band gap) 에너지를 고려하여 설정된다.

즉, 상기 제 1 하부 클래드층(130) 및 제 2 상부 클래드층(170)의 밴드갭 에너지가 상기 제 2 하부 클래드층(140) 및 제 1 상부 클래드층(160)의 밴드갭 에너지보다 작도록  $x$ ,  $y$  값이 설정된다.

이러한 종래의 이중 헤테로 구조를 갖는 질화물 반도체 소자(100)에서는, 상기 활성층(150)이 발광 소자의 발광 파장을 결정하여 발광되는 빛의 세기에도 큰 영향을 미치게 되므로, 상대적으로 장파장의 발광 다이오드를 만들기 위해서는 활성층의 In 의 몰농도를 증가시킬(즉, x 값을 크게 할) 필요가 있다.

그러나,  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  으로 이루어진 상기 활성층(150)은, 도시된 바와 같이,  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  으로 이루어진 층들(140, 160) 사이에 적층되는데, 이때,  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  과  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  사이에 존재하는 격자상수(lattice constant)의 차이로 인해(도 5 참조), 상기 활성층(150)의 In 의 몰농도를 성장시키는 데에 한계가 있다는 문제점이 있었다.

즉, 상기 활성층과 클래드층 사이의 큰 격자상수의 차는 상기 양자우물층에 스트레스를 가하게 되는데, 질화물 반도체의 경우 양자우물층에 큰 스트레스가 가해지면 압전필드(piezoelectric field)가 형성되어 양자우물층 내 전자와 정공의 쓸림 현상이 일어나 웨이브펄션 오버랩(wavefunction overlap)이 감소함으로써 발광효율이 떨어지게 된다.

따라서, 상기 활성층(150) 이외의 층들을, 기존의 밴드갭 에너지를 유지하면서 상기  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  의 조성(組成)을 갖는 활성층(150)과의 격자상수 차이가 작아지도록 조성할 수 있는 방안이 요구되고 있다.

도 2 는 종래의 이중 헤테로 구조 질화물 반도체 중 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자의 일예시 단면도로서, 다시 말해, 상기 도 1 의 활성층(150)이 InGaN 으로 이루어진 다수개의 양자우물층과 장벽층을 포함하여 구성된 질화물 반도체 소자의 단면도이다.

도 2 에 도시된 바와 같이, 종래의 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자(200)는, 사파이어 등의 재료로 형성된 기판(210) 위에,  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  의 버퍼층(220), n형 GaN 의 제 1 하부 클래드층(230) 및 n형  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  의 제 2 하부 클래드층(240)이 적층되고, 그 위에  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  의 양자우물층과  $\text{In}_{x'}\text{Ga}_{1-x'}\text{N}$  의 장벽층으로 이루어진 활성층(250), p형  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  의 제 1 상부 클래드층(260) 및 p형 GaN 의 제 2 상부 클래드층(270)이 순차적으로 성장됨으로써 형성된다.

여기서,  $0 < x \leq 1$ ,  $0 < x' \leq 1$ ,  $0 < y \leq 1$  이며, 이들 x, x' 및 y 의 값은 각 층의 밴드갭 에너지를 고려하여 설정된다.

이때, 상기 활성층(250)의 경우, 상기  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  으로 이루어진 양자우물층의 밴드갭 에너지가  $\text{In}_{x'}\text{Ga}_{1-x'}\text{N}$  으로 이루어진 장벽층의 밴드갭 에너지 보다 작게 형성되며, 그 두께와 조성은 양자크기효과(quantum size effect)를 고려하여 정해지게 된다.

그러나,  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  의 양자우물층과  $\text{In}_{x'}\text{Ga}_{1-x'}\text{N}$  의 장벽층 사이의 밴드갭 에너지의 차이를 많이 주기 위해서는 격자상수 차이가 많아질 수밖에 없어(도 5 참조), 성장 시 많은 부분에 아이비디(IBE ; Inversion boundary do main)와 같은 결함들이 발생됨으로써 발광효율을 크게 저하시키며, 또한, 상기 각각의 양자우물층 사이의 장벽층의 수가 1 개로 제한됨으로 인하여 광구속률이 떨어지는 등의 문제점이 있었다.

따라서, 상기 양자우물층과 장벽층 사이의 격자상수의 차이를 줄이며, 아울러, 광구속률을 높일 수 있어, 결국 발광효율이 증가될 수 있도록 하는 방안이 요구되고 있다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자에 있어서, 활성층의 밴드갭 에너지와 조성의 조절을 용이하게 할 수 있도록 하여 양자우물층과 장벽층 사이의 스트레스를 감소시키는 물론, 또한, 상기 장벽층의 두께와 개수를 조절 가능하도록 함으로써, 광구속률과 발광효율이 증가된 질화물 반도체 소자를 제공하는데 그 목적이 있다.

#### 발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 활성층과 다수의 클래드층(clad layer)을 포함하여 구성되며, 상기 활성층이 다중 양자우물(multi quantum well, MQW) 구조를 갖는 질화물 반도체 소자에 있어서, 상기 활성층이,  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  의 조성을 갖는, 복수개인 n 개의 양자우물층(quantum well layer); 및  $\text{In}_{x'}\text{Al}_{y'}\text{Ga}_{1-x'-y'}\text{N}$  의 조성을 갖는, n+1 개 이상의 장벽층(barrier layer);을 포함하여 이루어지되, 상기 장벽층은, 조성물질의 성분비율을 달리하는 두 개 이상의 서브 배리어층을 포함하여, 상기 양자우물층을 기준으로, 상기 각각의 서브 배리어층이 밴드갭 에너지에 따라 점진적으로 배치되도록 형성된 것을 특징으로 한다. (단, x, y 및 x', y'은 각각 0 보다 크거나 같고 1 보다 작거나 같으며, x+y 와 x'+y'은 각각 1 보다 작거나 같다.)

또한, 이때, 상기 클래드층이,  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 의 조성을 갖되, 인접된 층(layer)의 격자상수에 대응되는 격자 상수를 갖도록 성분비율이 조절된 것을 부가적인 특징으로 한다. (단,  $x'$  및  $y'$ 은 0 보다 크고 1 보다 작으며,  $x'+y'$ 은 1 보다 작다.)

이중 헤테로 구조를 갖는 질화물 반도체 소자는 활성층의 구조에 따라 크게 단일 양자우물 구조를 갖는 소자와 다중 양자우물 구조를 갖는 소자로 구분할 수 있으며, 근래에는, 활성층이 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자의 사용이 일반적이다.

활성층이 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자는, 상기 활성층 내부의 양자우물층과 장벽층 사이에서 격자 상수의 차이로 인한 결함들이 발생되어 그에 따른 발광효율의 감소가 가장 중요한 문제로 제기되고 있음은 전술한 바와 같다.

따라서, 본 발명에서는 이의 해결을 위하여,  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 의 조성을 갖는 양자우물층의 사이에 위치하는 장벽층이  $\text{In}_{x'}\text{Al}_{y'}\text{Ga}_{1-x'-y'}\text{N}$ 의 조성을 갖도록 함으로써, 상기 양자우물층과 장벽층 사이에 밴드갭의 차이는 크게 하되 격자상수의 차이는 작아지도록 하였으며, 또한 이때 상기 장벽층이 그 성분비율을 달리하는 두 개 이상의 서브 배리어층으로 구분되도록 하고, 또한, 상기 양자우물층을 기준으로 상기 서브 배리어층의 밴드갭 에너지가 대칭적/점진적으로 배치되도록 형성하였다.

그리고, 아울러, 단일 양자우물 구조나 다중 양자우물 구조에 관계없이, 상기 이중 헤테로 구조를 갖는 질화물 반도체 소자에 공통적으로, 상기 활성층과 클래드층의 조성의 차이에 기인하는 격자상수 등의 차에 의해 발생하는 종래의 문제점들을 해결하기 위하여, 상기 클래드층이,  $\text{In}$  성분이 첨가된  $\text{In}_{x'}\text{Al}_{y'}\text{Ga}_{1-x'-y'}\text{N}$ 의 조성을 갖도록 하였다.

이로 인해,  $\text{In}_p\text{Al}_q\text{Ga}_{1-p-q}\text{N}$ 의  $p, q$  값에 따라 각 층의 밴드갭 에너지를 변화시킬 수 있으므로, 버퍼층 위에 적층되는 모든 층들의 밴드갭 에너지를 다양하게 조절할 수 있어, 각 층의 격자상수는 일정하게 유지하면서 밴드갭 에너지만을 조절하거나, 또는 각 층의 밴드갭 에너지는 고정시킨 채 격자상수만을 조절하는 것이 가능하게 되고, 따라서, 원하는 정도의 밴드갭 에너지 및 격자상수를 가진 발광소자를 제공할 수 있도록 하였다.

상술한 목적, 특징들 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일실시예를 상세히 설명한다. 도면 및 실시예는 본 발명의 예시일 뿐 본 발명의 기술적 사상이 이에 한정되거나 이로 인해 변경되는 것은 아니다.

도 3 내지 도 4 에는 본 발명의 일실시예에 의한 질화물 반도체 소자의 단면도와 상기 반도체 소자의 활성층의 세부 구조 및 밴드갭 에너지를 도시하였으며, 도 5 에는 본 발명에 적용되는 질화물 반도체 소자 구성물질의 밴드갭 에너지와 격자상수와의 관계 그래프를 나타내었다.

먼저, 도 3 은 본 발명의 일실시예에 의한 질화물 반도체 소자의 활성층에서의 밴드갭 에너지의 설명도이다.

도 3 에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 의한 질화물 반도체 소자(300)는, 사파이어 등의 재료로 형성된 기판(310) 위에,  $\text{In}_a\text{Al}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ 의 버퍼층(320),  $n$ 형  $\text{In}_{x'}\text{Al}_{y'}\text{Ga}_{1-x'-y'}\text{N}$ 의 제 1 하부 클래드층(330) 및  $n$ 형  $\text{In}_{x'}\text{Al}_{y'}\text{Ga}_{1-x'-y'}\text{N}$ 의 제 2 하부 클래드층(340)이 적층되고, 그 위에 활성층(350),  $p$ 형  $\text{In}_{x'}\text{Al}_{y'}\text{Ga}_{1-x'-y'}\text{N}$ 의 제 1 상부 클래드층(360) 및  $p$ 형  $\text{In}_{x'}\text{Al}_{y'}\text{Ga}_{1-x'-y'}\text{N}$ 의 제 2 상부 클래드층(370)이 순차적으로 성장됨으로써 형성된다.

여기서 상기 활성층(350)은, 다수개인  $n$  개의 양자우물층과  $m$  개의 장벽 층을 포함하여 구성되는데(단,  $n \geq 2, m \geq n+1$ ), 그 구조는, 도 3 에 도시된 바와 같이, 임의의 양자우물층(353)이 둘 이상의 장벽층([351,352] ; [354,355])의 사이에 위치하며, 이때, 상기 각각의 장벽층이, 다시, 서로 다른 조성을 갖는 두개 이상의 서브 배리어층(351, 352, 354, 355)을 포함하는 구조이다.

이때, 상기 각각의 장벽층의 두께는 수백 옹스트롬(Å) 이내임이 바람직하며, 그 조성은  $\text{In}_{x'}\text{Al}_{y'}\text{Ga}_{1-x'-y'}\text{N}$  (단,  $0 \leq x' \leq 1, 0 \leq y' \leq 1$ )이 되, 도시된  $E_g$  와 같은 점진적이고 대칭적인 밴드갭 에너지를 가지면서, 또한, 각각의 격자상수 차이가 적게 나도록  $x', y'$ 가 조절된 것을 특징으로 한다.

즉, 도 3 에 도시된 바와 같이, 상기 각각의 서브 배리어층(351, 352, 354, 355)의 가전자대(valence band) 에너지 수준( $E_v$ )과 전도대(conduction band) 에너지 수준( $E_c$ )이, 상기 양자우물층(353)을 기준으로 점진적/대칭적이 되도록 조성하여 배치함으로써, 상기  $E_v$  와  $E_c$  의 차에 의해 결정되는 밴드갭 에너지( $E_g$ )가 점진적/대칭적이 될 수 있도록 하였다.

다시 말해, 종래의 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자에 있어서, 상기 양자우물층 및 장벽층의 조성을  $\text{In}$

$x \text{ Al}_y \text{ Ga}_{1-x-y} \text{ N}$  과  $\text{In}_{x'} \text{ Al}_{y'} \text{ Ga}_{1-x'-y'} \text{ N}$  으로 하고 그 조성비율을 조절함으로써, 상기 두 층 사이의 밴드갭 에너지의 차에 따른 격자상수의 차를 상대적으로 감소시켰으며, 또한, 이때 상기 장벽층이, 상기 양자우물층(353)을 기준으로 그 밴드갭 에너지가 대칭적/점진적으로 형성된, 서로 조성을 달리하는, 둘 이상의 서브 배리어층(351, 352, 354, 355)으로 구성되도록 함으로써, 광구속률과 발광효율이 높아지도록 하였다.

다음, 도 4 는 본 발명에 의한 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자의 일실시에 단면도로서, 상기 도 3 의 질화물 반도체 소자에 있어서 클래드층이  $\text{In}_{x'} \text{ Al}_{y'} \text{ Ga}_{1-x'-y'} \text{ N}$  (단,  $0 < x' < 1$ ,  $0 < y' < 1$ ,  $x' + y' < 1$ )의 조성을 갖는 In 함유 질화물인 것을 특징으로 한다.

도 4 에 도시된 바와 같은, 상기 클래드층에 In 이 첨가됨으로써 발생하는 질화물 반도체 소자의 장점 및 특징들에 대해서는, 아래의 도 5 에서 살펴보기로 한다.

상기 도 3 내지 도 4 에 도시된, 본 발명에 의한 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자에 있어서, x, y 등의 값은 각 층의 밴드갭 에너지를 고려하여 설정된다.

예를 들어, 제 1 하부 클래드층(330, 430) 및 상기 제 2 상부 클래드층(370, 470)의 밴드갭 에너지가 제 2 하부 클래드층(340, 440) 및 제 1 상부 클래드층(360, 460)의 밴드갭 에너지보다 작도록 x, y 값을 설정한다.

또한, 전술한 바와 같이, n-1 번째의 양자우물층과 n 번째의 양자우물층 사이에 위치하는 장벽층의 서브 배리어층은, 상기 양자우물층을 기준으로 그 밴드갭 에너지가 점진적/대칭적이 되며, 두께를 조절하여 스트레스를 최대한으로 줄이는 방향과 광구속률이 최적화될 수 있도록 x, y 값을 설정한다.

여기서, 상기 활성층(350, 450)에는 약간의 불순물이 첨가될 수 있는데, 이 경우 불순물로는 아연(Zn) 등이 사용될 수 있다.

또한, 상기 제 1 하부 클래드층(330, 430) 및 제 2 하부 클래드층(340, 440)에 첨가 가능한 n형 불순물로는 규소(Si) 등이 있으며, 제 1 상부 클래드층(360, 460) 및 제 2 상부 클래드층(370, 470)에는 p형 불순물로서 마그네슘(Mg) 등이 첨가될 수 있다.

마지막으로, 도 5 는 본 발명에 적용되는 질화물 반도체 소자 구성물질의 밴드갭 에너지와 격자상수와의 관계 그래프이다.

일반적인 경우의 예를 들어 설명하자면, 도 1 내지 도 2 에 도시된 바와 같은 종래의 질화물 반도체 소자에 있어서, In GaN 의 조성을 갖는 활성층이 점 d 에 위치하고, AlGaIn 의 조성을 갖는 클래드층이 점 e 에 위치한다고 할 때, 상기 점 d 와 점 e 사이에는 0.1 Å 이상의 격자상수의 차이가 있다.

하지만, 상기 도 4 에 도시된, 본 발명의 실시예에 의해 상기 클래드층에 적절한 양의 In 을 첨가함으로써 그 조성을 In nAlGaIn 으로 할 경우, 상기 점 e 를 점 c 로 옮길 수 있어, 상기 활성층과의 격자상수의 차이를 0.05 Å 정도로 감소시킬 수 있게 된다.

즉, 밴드갭 에너지의 변화없이 격자상수의 차이를 현저하게 줄일 수 있어, 양자우물층의 스트레스를 감소시킬 수 있게 되고, 따라서, 질화물 반도체 소자의 발광효율을 높일 수 있게 되는 것이다.

이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것이 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

#### 발명의 효과

상기와 같은 본 발명은, 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자에 있어서, 조성의 조절을 통해 활성층의 양자우물층과 장벽층 사이에 밴드갭 에너지의 차이는 유지하되 격자상수의 차이는 작아지게 하고, 또한, 2개 이상 다수의 서브 배리어층이 대칭적/점진적으로 형성되도록 함으로써, 상기 양자우물층에 있어 스트레스를 감소시킴과 아울러 광구속률을 증가시켜, 결국, 발광효율을 높일 수 있는 효과가 있다.

(57) 청구의 범위

### 청구항 1.

활성층과 다수의 클래드층(clad layer)을 포함하여 구성되며, 상기 활성층이 다중 양자우물(multi quantum well, MQW) 구조를 갖는 질화물 반도체 소자에 있어서,

상기 활성층은,

$\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 의 조성을 갖는, 복수개인  $n$  개의 양자우물층(quantum well layer); 및

$\text{In}_{x'}\text{Al}_{y'}\text{Ga}_{1-x'-y'}\text{N}$ 의 조성을 갖는,  $n+1$  개 이상의 장벽층(barrier layer);을 포함하여 이루어지되,

상기 장벽층은,

조성물질의 성분비율을 달리하는 두 개 이상의 서브 배리어층을 포함하여, 상기 양자우물층을 기준으로, 상기 각각의 서브 배리어층이 밴드갭 에너지에 따라 점진적/대칭적으로 배치되도록 형성된 것을 특징으로 하는 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자. (단,  $x, y$  및  $x', y'$ 은 각각 0 보다 크거나 같고 1 보다 작거나 같으며,  $x+y$  와  $x'+y'$ 은 각각 1 보다 작거나 같다.)

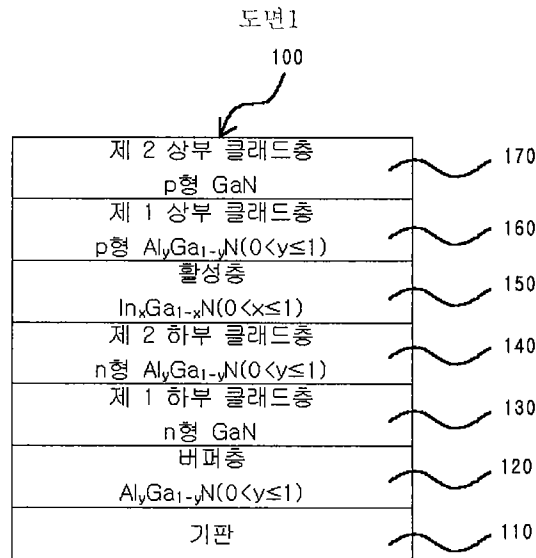
### 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

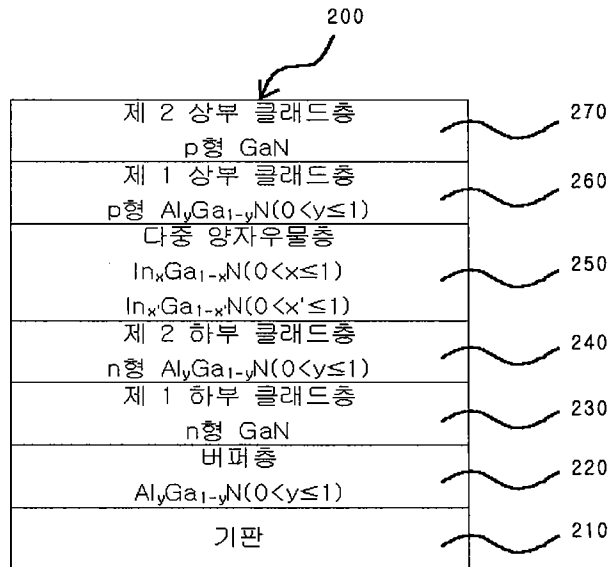
상기 클래드층은,

$\text{In}_{x'}\text{Al}_{y'}\text{Ga}_{1-x'-y'}\text{N}$ 의 조성을 갖되, 인접된 층(layer)의 격자상수(lattice constant)에 대응되는 격자상수를 갖도록 성분비율이 조절된 것을 특징으로 하는 다중 양자우물 구조를 갖는 질화물 반도체 소자. (단,  $x'$  및  $y'$ 은 0 보다 크고 1 보다 작으며,  $x'+y'$ 은 1 보다 작다.)

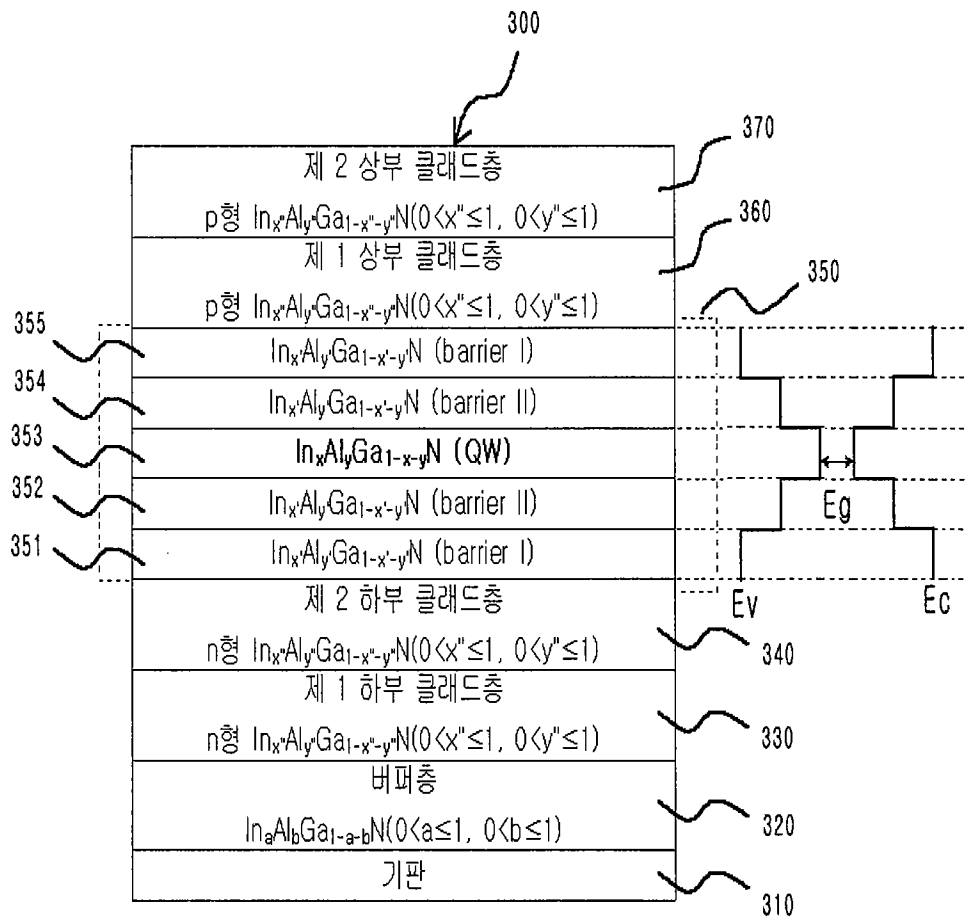
도면



도면2

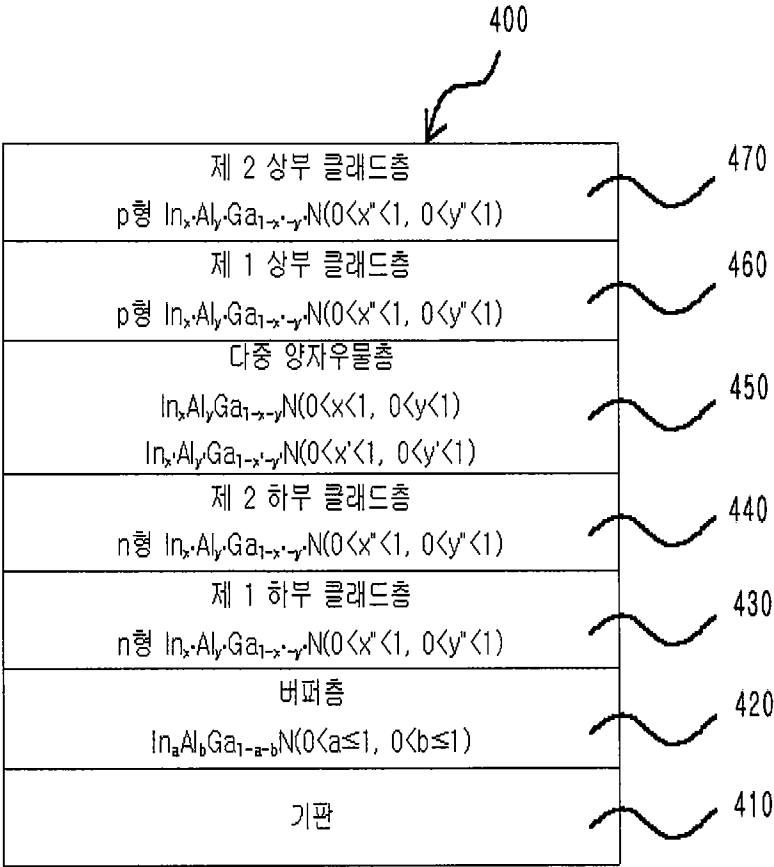


도면3





도면4



도면5

